

高寒草甸生态系统不同植被土壤 真菌生物量的测定*

王启兰 李家藻

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘 要

用荧光镜检法对海北高寒草甸生态系统的4种植被——未放牧金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 灌丛、放牧金露梅灌丛、杂类草草甸、矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 草甸和垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 草甸的不同深度土壤的真菌生物量进行了测定。真菌的总生物量及其所含能量在未放牧金露梅灌丛中最高, 在杂类草草甸中最低。真菌孢子的生物量在不同植被中有显著的差异, 以金露梅灌丛最高。而菌丝生物量在不同植被的差异不显著。不同土壤层次, 真菌生物量在0—10cm深土壤显著地大于10—20cm和20—40cm深土壤。随土壤深度的增加, 真菌生物量明显减小。土壤中真菌菌丝回收率为68.4%, 孢子回收率为77.8%。

关键词: 真菌总生物量; 菌丝生物量; 孢子生物量。

有关真菌生物量的研究, 国外已有很多报道 (Dash 等, 1985; Frankland, 1974, 1975; Gaunt 等, 1985; Hanssen 等, 1974; Jone和Mollison, 1948; Ride和Drysdale, 1972), 国内对这项工作开展甚少, 尤其对高寒草甸生态系统的真菌生物量研究, 尚未见有报道。真菌生物量作为微生物生物量的一部分, 在分解者亚系统中, 对土壤有机质及无机质的分解起着重要的作用。它不仅是土壤中真菌数量, 也是土壤肥力和有机质的反映。研究土壤真菌生物量, 将为进一步研究分解者亚系统的结构和功能特征, 提供必要的参数。

材 料 和 方 法

1988年5—11月, 每月下旬采取土样。样地选在海北定位站不同植被的实验小区中, 即未放牧金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 灌丛, 放牧金露梅灌丛, 杂类草草甸, 矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 草甸及垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 草甸。采样深度为0—10cm, 10—20cm, 20—40cm。

将土样制成 10^{-2} 的土壤悬液, 摇匀, 用0.1ml移液管吸取0.005ml, 均匀地涂抹在面积为 0.785cm^2

* 周立、杨涛、李玉英、姜文波、姜永进、耿博文、杜伊光、安华等同志在实验中给予帮助, 特此致谢。

的特制载玻片上的圆圈内。静置片刻，待干燥后，轻微加热使之固定。土壤悬液涂片用异硫氰酸盐荧光染色液 (FITC) 染色 (李家藻, 1984)。

采用日本产 Olympus-BF 型荧光显微镜进行镜检，目镜为 10×，物镜为 20×。用高压汞灯为光源，以透射光暗视野组合，蓝色滤光片为激发滤光片进行镜检计数。计数时取 100 个大方格作为一个计数视野，其面积为 $2.601 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$ 。分别测出每个视野中真菌菌丝总长度及孢子总数，同时测定菌丝及孢子的直径，按下列公式计算真菌生物量。

$$\text{菌丝生物量 (g} \cdot \text{干重/g} \cdot \text{干土)} = \frac{0.21 \times 100 \times 0.785 \times 1.09 \times 5.08 \times 10^{-4} \times 3.14 \times (1.75 \times 10^{-4})^2}{0.005 \times 2.601 \times 10^{-3}} \times \text{土壤水分系数}$$

$$\times \text{菌丝长度 (目镜测微尺格数)} = 6.74 \times 10^{-5} \times \text{土壤水分系数} \times \text{菌丝长度 (格)}$$

孢子生物量 (g·干重/g·干土)

$$= \frac{0.5 \times 100 \times 0.785 \times 1.1 \times 4/3 \times 3.14 \times (1.75 \times 10^{-4})^3}{0.005 \times 2.601 \times 10^{-3}} \times \text{土壤水分系数} \times \text{孢子数}$$

$$= 7.45 \times 10^{-5} \times \text{土壤水分系数} \times \text{孢子数}$$

真菌总生物量 (g·干重/g·干土) = 菌丝生物量 + 孢子生物量,

$$\text{能量 (J/g} \cdot \text{干土)} = 4500 \times 4.186 \times \text{真菌总生物量} = 1.88 \times 10^4 \times \text{真菌总生物量}.$$

式中，100 为土壤悬液的稀释倍数，0.005 为涂沫在 0.785 cm^2 载玻片上的土壤悬液的 ml 数，1.09 为真菌菌丝密度 (g/cm^3) (Bakken 和 Olsen, 1983)， 1.75×10^{-4} 为菌丝的平均半径 (cm)， 2.601×10^{-3} 为视野面积 (cm^2)， 5.08×10^{-4} 为目镜测微尺在放大 200 倍时 1 格的长度 (cm)，0.21 为每克鲜菌丝折合的干重 (Bakken 和 Olsen, 1983)，0.5 为每克鲜重孢子折合的干重，1.1 为孢子密度 (g/cm^3) (Griffin, 1981)，4500 为每克干重真菌所含的能量 (Hansson 和 Gøksøyr, 1975)。

真菌回收率的测定，从土壤中分离的各种真菌各取少许，制成真菌悬浮液，将其搅拌振荡半小时，再用数层纱布过滤。取 10ml 上述滤液加入 5g 灭菌后的土样中，对所得土壤悬液稀释 5 倍。最后分别测出过滤菌悬液和稀释的土壤悬液中菌丝长度和孢子数，然后计算回收率。

$$\text{菌丝回收率 (\%)} = \frac{\text{每毫升土壤悬液菌丝长度}}{\text{每毫升过滤菌悬液菌丝长度}} \times 100,$$

$$\text{孢子回收率 (\%)} = \frac{\text{每毫升土壤悬液孢子数}}{\text{每毫升过滤菌悬液孢子数}} \times 100.$$

结果和讨论

不同植被类型土壤中真菌生物量的测定结果分别列于表 1-5。从表中可知，真菌菌丝生物量以未放牧金露梅灌丛最高。其它依次为，放牧金露梅灌丛、矮嵩草草甸、垂穗披碱草草甸、杂类草草甸。不同植被土壤菌丝生物量的大小顺序与朱桂如等 (1981) 报道海北定位站不同植被土壤微生物的组成与数量一致。

在未放牧的土壤中，无牲畜啃食破坏，植物生长茂盛，各种微生物的数量均比放牧地区的微生物数量高 (朱桂如等, 1981)。本实验的未放牧金露梅灌丛中菌丝生物量比放牧金露梅灌丛高。矮嵩草草甸根系发达，微生物类群的数量比较高。垂穗披碱草草甸属人工草场，杂类草草甸是退化型草场，特别是遭到鼠类危害后，原始的植被破坏，形成次生植被，有机质含量低，加之，不同植被对土壤微生物的影响不同，使垂穗披碱草草甸和杂类草草甸的菌丝生物量都比较低。

检验表明，矮嵩草草甸土壤的菌丝生物量显著地高于杂类草草甸 ($P < 0.05$)。其

表1 未放牧金露梅灌丛不同深度土壤中真菌的孢子数量(10^7 个细胞/g干土), 菌丝长度(10^3 cm/g干土), 生物量(10^{-4} g干重/g干土), 真菌总生物量(10^{-4} g干重/g干土)及能量(J/g干土)

Table 1 Fungal spore number(10^7 cells/g dry soil), hyphal length (10^3 cm/g·dry soil), biomass (10^{-4} g·dry wt/g·dry soil), total fungal biomass(10^{-4} g·dry wt/g·dry soil) and energy content(J/g·dry soil) in different soil depths of ungrazed *Potentilla fruticosa* shrub.

采样日期 Sampling date (Day/Month)	土壤深度 Soil depth (cm)	孢子数量 Fungal spore number	菌丝长度 Hyphal length	孢子生物量 Fungal spore biomass	菌丝生物量 Hyphal biomass	真菌总生物量 Total fungal biomass	能量 Energy content
24/V	0-10	11.17	0	13.80	0	13.80	26.00
	10-20	5.79	0	7.15	0	7.15	13.48
	20-40	4.57	0	5.65	0	5.65	10.63
28/VI	0-10	11.05	28.86	13.65	6.36	20.01	37.67
	10-20	4.98	10.38	6.15	2.29	8.44	15.91
	20-40	4.86	3.24	6.00	0.71	6.71	12.64
31/VII	0-10	9.11	37.52	11.25	8.27	19.52	36.79
	10-20	4.33	17.52	5.35	3.86	9.21	17.37
	20-40	2.71	4.48	3.35	0.99	4.34	8.16
28/VIII	0-10	8.62	31.81	10.65	7.01	17.66	33.28
	10-20	4.01	13.43	4.95	2.96	7.91	14.90
	20-40	3.60	5.71	4.45	1.26	5.71	10.76
25/IX	0-10	9.15	24.29	11.30	5.36	16.66	31.35
	10-20	4.66	8.57	5.75	1.89	7.64	14.40
	20-40	4.13	4.19	5.10	0.92	6.02	11.34
14/X	0-10	12.39	0	15.30	0	15.30	28.84
	10-20	5.30	6.00	6.55	1.32	7.87	14.82
	20-40	4.57	0	5.65	0	5.65	10.63
12/XI	0-10	10.93	0	13.50	0	13.50	25.45
	10-20	4.37	0	5.40	0	5.40	10.17
	20-40	2.23	0	2.75	0	2.75	5.19
总计 total	0-40	132.53	196.00	163.70	43.22	206.92	389.80

表2 放牧金露梅灌丛不同深度土壤中真菌的孢子数量(10^7 个细胞/g干土), 菌丝长度(10^3 cm/g干土), 生物量(10^{-4} g干重/g干土), 真菌总生物量(10^{-4} g干重/g干土)及能量(J/g干土)

Table 2 Fungal spore number(10^7 cells/g·dry soil), hyphal length(10^3 cm/g·dry soil), biomass(10^{-4} g·dry wt/g·dry soil), total fungal biomass(10^{-4} g·dry wt/g·dry soil) and energy content(J/g·dry soil) in different soil depths of grazed *Potentilla fruticosa* shrub.

采样日期 Sampling date (Day/Month)	土壤深度 Soil depth (cm)	孢子数量 Fungal spore number	菌丝长度 Hyphal length	孢子生物量 Fungal spore biomass	菌丝生物量 Hyphal biomass	真菌总生物量 Total fungal biomass	能量 Energy content
24/V	0-10	10.65	0	13.15	0	13.15	24.78
	10-20	5.02	0	6.20	0	6.20	11.68
	20-40	3.93	0	4.85	0	4.85	9.13
28/VI	0-10	11.09	25.24	13.70	5.57	19.27	36.29
	10-20	4.29	10.86	5.30	2.39	7.69	14.53
	20-40	3.52	0	4.35	0	4.35	8.20
31/VII	0-10	9.60	28.29	11.85	6.24	18.09	34.07
	10-20	3.52	14.95	4.35	3.30	7.65	14.40
	20-40	2.83	4.57	3.50	1.01	4.51	8.50

采样日期 Sampling date (Day/Month)	土壤深度 Soil depth (cm)	孢子数量 Fungal spore number	菌丝长度 Hyphal length	孢子生长量 Fungal spore biomass	菌丝生物量 Hyphal biomass	真菌总生物量 Total fungal biomass	能量 Energy content
28/VIII	0-10	8.70	34.95	10.75	7.71	18.46	34.79
	10-20	3.93	14.10	4.85	3.11	7.96	14.99
	20-40	2.51	5.71	3.10	1.26	4.36	8.20
25/IX	0-10	9.47	27.81	11.70	6.13	17.83	33.57
	10-20	4.37	6.86	5.40	1.51	6.91	13.02
	20-40	3.08	3.43	3.80	0.76	4.56	8.58
14/X	0-10	13.04	0	16.10	0	16.10	30.35
	10-20	5.30	5.71	6.55	1.26	7.81	14.69
	20-40	3.40	0	4.20	0	4.20	7.91
12/XI	0-10	11.42	0	14.10	0	14.10	26.58
	10-20	4.25	0	5.25	0	5.25	9.88
	20-40	2.35	0	2.90	0	2.90	5.48
总计 total	0-40	126.27	182.48	155.95	40.24	196.19	369.62

表3 杂类草草甸不同深度土壤中真菌的孢子数量(10^7 个细胞/g干土),菌丝长度(10^3 cm/g干土),生物量(10^{-4} g干重/g干土),真菌总生物量(10^{-4} g干重/g干土)及能量(J/g干土)

Table 3 Fungal spore number(10^7 cells/g·dry soil),hyphal length(10^3 cm/g·dry soil),biomass(10^{-4} g·dry wt/g·dry soil),total fungal biomass(10^{-4} g·dry wt/g·dry soil)and energy content(J/g·dry soil) in different soil depths of forbs meadow.

采样日期 Sampling date (Day/Month)	土壤深度 Soil depth (cm)	孢子数量 Fungal spore number	菌丝长度 Hyphal length	孢子生物量 Fungal spore biomass	菌丝生物量 Hyphal biomass	真菌总生物量 Total fungal biomass	能量 Energy content
24/V	0-10	7.61	0	9.40	0	9.40	17.71
	10-20	4.29	0	5.30	0	5.30	10.00
	20-40	3.32	0	4.10	0	4.10	7.74
28/VI	0-10	7.77	13.62	9.60	3.00	12.60	23.73
	10-20	4.41	10.09	5.45	2.23	7.68	14.44
	20-40	3.12	2.86	3.85	0.63	4.48	8.46
31/VII	0-10	7.25	24.76	8.95	5.52	14.47	27.13
	10-20	3.52	15.52	4.35	3.42	7.77	14.65
	20-40	2.63	5.71	3.25	1.26	4.51	8.58
28/VIII	0-10	7.04	29.90	8.70	6.59	15.29	28.80
	10-20	4.70	16.67	5.80	3.68	9.48	17.83
	20-40	2.59	6.19	3.20	1.37	4.57	8.58
25/IX	0-10	7.85	10.00	9.70	2.21	11.91	22.44
	10-20	4.57	7.33	5.65	1.62	7.27	13.69
	20-40	3.40	3.33	4.20	0.74	4.94	9.29
14/X	0-10	8.34	0	10.30	0	10.30	19.42
	10-20	5.30	0	6.55	0	6.55	12.35
	20-40	3.56	0	4.40	0	4.40	8.29
12/XI	0-10	7.89	0	9.75	0	9.75	18.38
	10-20	3.32	0	4.10	0	4.10	7.74
	20-40	2.47	0	3.05	0	3.05	5.73
总计 total	0-40	104.95	145.98	129.65	32.26	161.91	309.18

表4 矮嵩草草甸不同深度土壤中真菌的孢子数量(10^7 个细胞/g干土), 菌丝长度(10^3 cm/g干土), 生物量(10^{-4} g干重/g干土), 真菌总生物量(10^{-4} g干重/g干土)及能量(J/g干土)

Table 4 Fungal spore number(10^7 cells/g·dry soil), hyphal length(10^3 cm/g·dry soil), biomass(10^{-4} g·dry wt/g·dry soil), total fungal biomass (10^{-4} g·dry wt/g·dry soil) and energy content(J/g·dry soil) in different soil depths of *Kobresia humilis* meadow

采样日期 Sampling date (Day/Month)	土壤深度 Soil depth (cm)	孢子数量 Fungal spore number	菌丝长度 Hyphal length	孢子生物量 Fungal spore biomass	菌丝生物量 Hyphal biomass	真菌总生物量 Total fungal biomass	能量 Energy content
24/V	0—10	8.50	0	10.50	0	10.50	19.80
	10—20	5.51	0	6.00	0	6.80	12.81
	20—40	4.13	0	5.10	0	5.10	9.63
28/VI	0—10	8.54	21.14	10.55	4.66	15.21	28.67
	10—20	4.57	10.76	5.65	2.37	8.02	15.11
	20—40	3.52	2.95	4.35	0.65	5.00	9.42
31/VIII	0—10	7.77	28.57	9.60	6.30	15.90	29.97
	10—20	4.21	16.10	5.20	3.55	8.75	16.49
	20—40	3.12	4.67	3.85	1.03	4.88	9.21
28/VIII	0—10	7.45	33.62	9.20	7.41	16.61	31.31
	10—20	4.78	14.95	5.90	3.30	9.20	17.33
	20—40	2.63	6.38	3.25	1.41	4.66	8.79
25/IX	0—10	8.79	19.90	10.85	4.39	15.24	28.72
	10—20	4.90	8.86	6.05	1.95	8.00	15.07
	20—40	2.96	3.52	3.65	0.78	4.43	8.33
14/X	0—10	9.47	0	11.70	0	11.70	22.06
	10—20	5.71	7.24	7.05	1.60	8.65	16.28
	20—40	3.24	0	4.00	0	4.00	7.53
12/XI	0—10	8.99	0	11.10	0	11.10	20.93
	10—20	5.38	0	6.65	0	6.65	12.56
	20—40	2.35	0	2.90	0	2.90	5.48
总计 total	0—40	116.52	178.66	143.90	39.40	183.30	345.51

它植被土壤之间菌丝生物量均无明显的差异 ($P > 0.05$)。

不同土壤层次, 真菌菌丝生物量均以0—10cm最高, 除杂类草甸外, 其它植被中0—10cm土壤层显著地高于10—20cm及20—40cm土壤层的菌丝生物量, 且有明显的规律性。而杂类草甸土壤, 0—10cm与10—20cm土壤层的菌丝生物量之间的差异, 较其它植被这两层间的小, 而10—20cm与20—40cm土壤层间的生物量差异, 较其它植被的这两土壤层间的菌丝生物量的差异大, 可能与鼠害为患, 植被受到破坏有关。随着土壤深度的增加, 菌丝生物量明显下降, 此与Waksman (1916), Campbell和Biederbeck (1982)及Higashida和Takao (1985)的结果相似。由于营养物在土壤表层的含量远大于深层, 微生物的活动也多集中于表层, 加之, 土壤表层温度、水分和通气状况等都适合微生物, 尤其是好气性微生物的生长, 因而在0—10cm土壤层菌丝生物量显著高于下层。在杂类草甸, 各层土壤菌丝生物量不同, 0—10cm土壤层的菌丝生物量较高, 10—20cm土壤层的生物量较低。据观察, 在杂类草甸, 植物生长稀疏, 土壤沙质含量较高, 所含菌丝生物量比其它草甸土壤低。

表5 垂穗披碱草草甸不同深度土壤中真菌的孢子数量 (10^7 个细胞/g 干土) 菌丝长度 (10^8 cm/g 干土), 生物量 (10^{-4} g 干重/g 干土), 真菌总生物量 (10^{-4} g 干重/g 干土) 及能量 (J/g 干土)

Table 5 Fungal spore number (10^7 cells/g dry soil), hyphal length (10^8 cm/g dry soil), biomass (10^{-4} g dry wt/g dry soil), total fungal biomass (10^{-4} g dry wt/g dry soil) and energy content (J/g dry soil) in different soil depths of *Elymus nutans* meadow

采样日期 Sampling date (Day/Month)	土壤深度 Soil depth (cm)	孢子数量 Fungal spore number	菌丝长度 Hyphal length	孢子生物量 Fungal spore biomass	菌丝生物量 Hyphal biomass	真菌总生物量 Total fungal biomass	能量 Energy content
24/V	0-10	8.99	0	11.10	0	11.10	20.76
	10-20	4.41	0	5.45	0	5.45	10.26
	20-40	3.68	0	4.55	0	4.55	8.58
28/VI	0-10	8.34	13.14	10.30	2.90	13.20	24.86
	10-20	3.97	6.86	4.90	1.51	6.41	12.10
	20-40	3.16	2.67	3.90	0.59	4.49	8.46
31/VII	0-10	8.02	26.76	9.90	5.90	15.80	29.76
	10-20	3.32	13.33	4.10	2.94	7.04	13.27
	20-40	3.08	5.05	3.80	1.11	4.91	9.25
28/VIII	0-10	8.14	33.62	10.05	7.41	17.46	32.90
	10-20	3.60	15.02	4.45	3.32	7.77	14.65
	20-40	2.47	6.76	3.05	1.49	4.54	8.54
25/IX	0-10	8.50	13.14	10.50	2.90	13.40	25.24
	10-20	3.77	6.48	4.65	1.43	6.08	11.47
	20-40	2.75	4.67	3.40	1.03	4.43	8.33
14/X	0-10	9.35	0	11.55	0	11.55	21.77
	10-20	4.09	2.76	5.05	0.61	5.67	10.67
	20-40	3.56	0	4.40	0	4.40	8.29
12/XI	0-10	8.54	0	10.55	0	10.55	19.88
	10-20	3.64	0	4.50	0	4.50	8.50
	20-40	2.71	0	3.35	0	3.35	6.32
总计 total	0-40	108.90	150.26	143.50	33.14	176.64	308.05

真菌孢子的生物量, 以未放牧金露梅灌丛最高, 放牧金露梅灌丛次之, 其它3种植被依次为, 矮嵩草草甸, 垂穗披碱草草甸, 杂类草草甸。

检验表明, 未放牧金露梅灌丛的真菌孢子生物量显著地高于放牧金露梅灌丛, 矮嵩草草甸的孢子生物量居第3, 垂穗披碱草草甸和杂类草草甸的孢子生物量居第4。后两种植被的孢子生物量之间无显著的差异 ($P > 0.05$)。

随着土壤深度的增加, 孢子生物量逐渐下降, 而0-10cm土壤层的孢子生物量显著地高于10-20cm和20-40cm两层。

所有植被土壤的菌丝回收率为68.4%, 孢子回收率为77.8%。较日本水稻田普遍分布的针核菌属菌丝回收率(约为60%) (Nishio, 1983) 略高。

参 考 文 献

- 朱桂如、李家藻、唐诗声、杨涛, 1981, 海北高寒草甸生态系统定位站土壤微生物学的研究, 高寒草甸生态系统 (夏武平主编), 甘肃人民出版社, 144-161。
李家藻, 1984, 高寒草甸土壤细菌生物量的研究, I. 不同植被类型土壤细菌生物量的测定, 高原生物学集刊, 3:

- Bakken, L. R. and R. A. Olsen, 1983, Buoyant densities and drymatter contents of microorganisms: Conversion of a measured biovolume into biomass, *Appl. Environ. Microbiol.*, **45**: 1188-1195.
- Compbell, C. A. and V. O. Biederbeck, 1982, Changes in mineral N and numbers of bacteria and actinomycetes during two years under wheat-fallow in southwestern saskatchewan, *Can. J. Soil Sci.*, **62**: 125-137.
- Dash, M. C., N. Behera, B. Satpathy and D. P. Pati, 1985, Comparison of two methods for microbial biomass estimation in some tropical soils, *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, **22**: 13-20.
- Frankland, J. C., 1974, Importance of phase-contrast microscopy for estimation of total fungal biomass by the agar-film technique, *Soil Biol. Biochem.*, **6**: 409-410.
- Frankland, J. C., 1975, Short communication: Estimation of live fungal biomass, *Soil Biol. Biochem.*, **7**: 339-340.
- Gaunt, D. M., P. J. T. Anthony and M. L. James, 1985, The determination of fungal biomass using adenosine triphosphate, *Exp. Mycol.*, **9**: 174-178.
- Griffin, D. H., 1981, Fungal physiology, 260-280, Wiley-Interscience Publication, New York.
- Hanssen, J. F., T. F. Thingstad and J. Gøksøyr, 1974, Evaluation of hyphal lengths and fungal biomass in soil by a membrane filter technique, *Oikos*, **25**: 102-167.
- Hanssen, J. F. and J. Gøksøyr, 1975, Biomass and production of soil and litter fungi at scandinavian Tundra sites, 239-250, in Fennoscandian Tundra Ecosystems, part 1, Plant and Microorganisms (F. E. Wielgolaski, ed.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Higashida, S. and K. Takao, 1985, Seasonal fluctuation patterns of microbial numbers in the surface soil of a grassland, *Soil Sci. Plant Nutr.*, **31**: 113-121.
- Jone, P. C. T. and J. E. Mollison, 1948, A technique for the quantitative estimation of soil microorganisms, *J. Gen. Microbiol.*, **2**: 54-69.
- Nishio, M., 1983, Direct-count estimation of microbial biomass in soil applied with compost, *Biol. Agric. Hort.*, **1**: 109-125.
- Ride, J. P. and R. B. Drysdale, 1972, A rapid method for the chemical estimation of filamentous fungi in plant tissue, *Physiol. Pl. Path.*, **2**: 7-15.
- Waksman, S. A., 1916, Bacterial numbrs in soil at different depths, and in different seasons of the year, *Soil Sci.*, **1**: 363-380.

Key words: Total fungal biomass; Hyphal biomass; Spore biomass.

173-180
Baker, J. R. and R. A. Olson, 1983. Fungal densities and diversity contents of microorganisms.
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

DETERMINATION OF FUNGAL BIOMASS IN SOIL OF DIFFERENT VEGETATIONS OF ALPINE MEADOW ECOSYSTEM

Wang Qilan and Li Jiazao

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences)

The biomass of soil fungi in different soil depth of various vegetations (ungrazed *Potentilla fruticosa* shrub, grazed *Potentilla fruticosa* shrub, forb meadow, *Kobresia humilis* meadow, *Elymus nutans* meadow) of alpine meadow was studied using fluorescein microscopic counting technique in 1988.

The experimental results showed that the total fungal biomass and its energy contents were highest in soil of ungrazed *Potentilla fruticosa* shrub and the lowest in soil of forb meadow. Among different vegetations, the differences of hyphal biomass were not as pronounced as those of fungal spore biomass. Fungal biomass decreased sharply with the increase of soil depth. In the 0—10cm soil layer, fungal biomass was obviously higher than that in the 10—20cm and 20—40cm soil layers.

The soil in the ecosystem, the recovery rate of hyphae was 68.4%, and that of fungal spores was 77.8%.

Key words: Total fungal biomass; Hyphal biomass; Spore biomass.